प्रयोग 3

उद्देश्य

मीटर सेतु द्वारा प्रतिरोधकों के संयोजन के नियमों (श्रेणी क्रम तथा पार्श्व क्रम) का सत्यापन करना।

आवश्यक उपकरण तथा सामग्री

मीटर सेतु, सुग्राही गैलवनोमीटर, दो भिन्न प्रतिरोध (कार्बन अथवा तार के फेरे से बने प्रतिरोधक) प्रतिरोध बॉक्स, जॉकी, धारा नियंत्रक, प्लग कुंजी, विद्युत सेल अथवा बैटरी निराकरक मोटे संयोजी तार एवं रेगमाल।

सिद्धांत

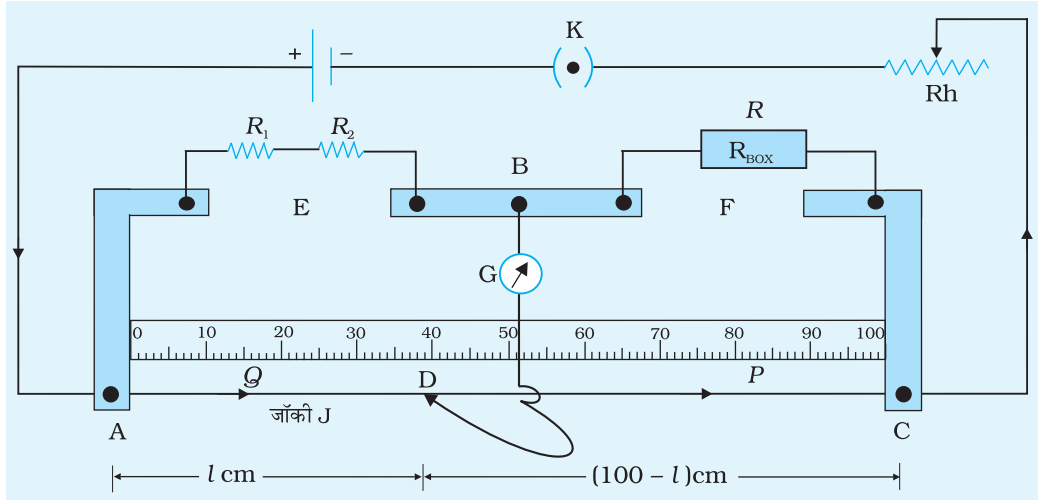
जब दो प्रतिरोध R_1 तथा R_2 श्रेणी क्रम में संयोजित होते हैं, तो संयोजन का प्रतिरोध होता है

$$R_s = R_1 + R_2 \tag{E 3.1}$$

जब दो प्रतिरोध R_1 तथा R_2 पार्श्वक्रम में संयोजित होते हैं, तो संयोजन क्रम का प्रतिरोध

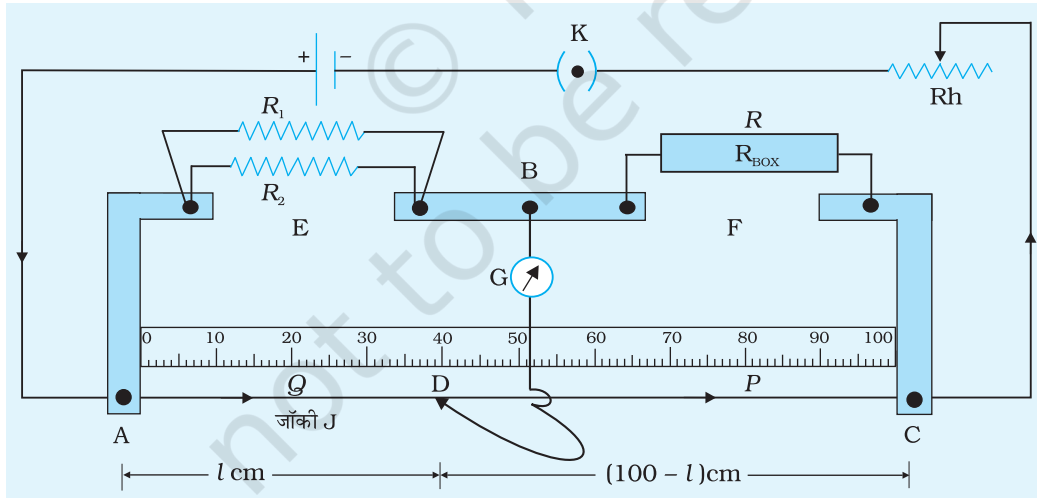
$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \tag{E 3.2}$$

कार्यविधि

1. चित्र E 3.1 में दर्शाए अनुसार परिपथ व्यवस्थित कीजिए।
2. प्रतिरोध बॉक्स (R_{Box}) के प्रत्येक प्लग को घूर्णन द्वारा तथा दबाकर कसिए और यह सुनिश्चित कीजिए कि सभी प्लगों के अच्छे वैद्युत संपर्क बन जाएँ। संयोजन करने से पहले रेगमाल द्वारा संयोजी तारों के दोनों सिरों को भली-भाँति साफ कीजिए।
3. प्रतिरोध बॉक्स से प्रतिरोध R का उपयुक्त मान प्राप्त करने के लिए प्रतिरोध बॉक्स से कुछ प्लग निकालिए। A तथा C सिरों के बीच जॉकी को सरकाकर मीटर सेतु के तार के बिंदु D पर शून्य विक्षेप स्थिति प्राप्त कीजिए जैसा कि आपने प्रयोग 2 में किया है।

चित्र **E 3.1** *मीटर सेतु में प्रतिरोध R_1 तथा R_2 श्रेणी क्रम में मीटर ब्रिज की भुजा में संयोजित*

4. प्रतिरोध R तथा लंबाइयों AD तथा CD को प्रेक्षण तालिका में नोट कीजिए।

5. तालिका E 3.1 में दर्शाए अनुसार प्रतिरोधकों के संयोजन के तुल्य श्रेणी प्रतिरोध का प्रायोगिक मान X परिकलित कीजिए।

6. प्रतिरोध R के चार अन्य मानों के लिए प्रयोग को दोहराइए तथा अज्ञात प्रतिरोध का औसत मान प्राप्त कीजिए।

चित्र **E 3.2** *मीटर सेतु की एक भुजा में प्रतिरोध R_1 तथा R_2 पार्श्व क्रम में संयोजित*

7. चित्र E 3.2 में दर्शाए अनुसार R_1 तथा R_2 प्रतिरोधों को पार्श्व क्रम में संयोजित करके चरण 2–6 को दोहराइए तथा प्रतिरोधों के संयोजन को तुल्य पार्श्व क्रम प्रतिरोध का प्रायोगिक मान X परिकलित कीजिए।

प्रेक्षण

तालिका E 3.1: प्रतिरोधों का श्रेणी क्रम व पार्श्व क्रम में संयोजन

	क्र. सं.	प्रतिरोध R (ओम)	लम्बाई AD = l (सेमी)	लम्बाई DC, l' = 100 - l (सेमी)	अज्ञात प्रतिरोध $X(R_S \text{ or } R_P) = \frac{R \times l}{l'}$ (ओम)	ΔR_S or ΔR_P (ओम)
R_1 तथा R_2 श्रेणी क्रम में, R_S	1					
	2					
	--					
	5					
					औसत R_S =	
R_1 तथाR_2 पार्श्व क्रम में	1					
	2					
	--					
	5					
					औसत R_P =	

परिकलन

1. सैद्धांतिक रूप से श्रेणी संयोजन का अपेक्षित मान $R_S = R_1 + R_2$

ध्यान दीजिए, R_1 तथा R_2 के मान कार्बन प्रतिरोधकों पर अंकित वर्ण कोड से प्राप्त होते हैं अथवा निक्रोम, कांसटेंटन आदि पदार्थों के बने प्रतिरोधों के प्रकरण में उनके दिये गये मान लिये जाते हैं।

सैद्धांतिक रूप से पार्श्व संयोजन का अपेक्षित मान है, $R_P = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

त्रुटि

त्रुटि आकलन के समय हमने यह मान लिया है कि R के मान में त्रुटि शून्य है अर्थात् प्रतिरोध बॉक्स द्वारा दर्शाया गया मान ही R का आपेक्षित मान है।

ऐसे प्रकरण में

$$\frac{\Delta R_s}{R_s} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'} \qquad \text{(E 3.3)}$$

यहाँ R_s, l तथा l' के मान प्रेक्षण तालिका 3.1 से लिये गये हैं, Δl तथा $\Delta l'$ मीटर सेतु के मापक पैमाने की अल्पतमांक माप को इंगित करते हैं।

अर्थात् $\Delta R_s = R_s \left(\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'} \right)$ (E 3.4)

इसी प्रकार $\Delta R_P = R_P \left(\frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'} \right)$ (E 3.5)

ΔR_s तथा ΔR_p के पाँच मानों में अधिकतम को त्रुटि आकलन के रूप में रिपोर्ट करना चाहिए। समीकरण (E 3.4) तथा (E 3.5) द्वारा यह देखा जा सकता है कि यदि $l \approx l'$ है तो त्रुटि न्यूनतम होगी। अतः शून्य विक्षेप स्थिति तार AC के मध्य क्षेत्र में प्राप्त करनी चाहिए। यही कारण है कि प्रतिरोध बॉक्स से प्लग निकालते समय यह ध्यान रखते हैं कि प्रतिरोधों के मान दाहिने अंतराल तथा बाएँ अंतराल में तुलनात्मक हो जाएँ।

परिणाम

तालिका E 3.2: प्रतिरोधों के सैद्धांतिक एवं प्रायोगिक मान

	सैद्धांतिक रूप से अपेक्षित प्रतिरोध (Ω)	प्रयोग द्वारा प्राप्त प्रतिरोध (Ω)
श्रेणी संयोजन	$R_1 + R_2$	$R_S \pm \Delta R_S$
पार्श्व संयोजन	$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	$R_P \pm \Delta R_P$

R_S तथा R_P क्रमशः R_1 और R_2 के श्रेणी एवं पार्श्व क्रम संयोजन करने पर प्राप्त औसत मान है।

सावधानियाँ

1. सभी संयोजन व प्लग कसे हुए होने चाहिए।
2. जॉकी को मीटर सेतु के तार पर आराम से खिसकना चाहिए।
3. प्रतिरोध बॉक्स के प्लग कुंजियों को दक्षिणावर्त्त दिशा में घुमाकर कसना चाहिए।
4. शून्य विक्षेप स्थिति तार के मध्य क्षेत्र (30 cm से 70 cm) में होनी चाहिए।

त्रुटियों के स्रोत

1. जॉकी से मीटर सेतु के तार को अत्यधिक दबाना नहीं चाहिए, अन्यथा समय के साथ तार असमान हो जाएगा।
2. यदि मीटर सेतु का तार तना हुआ तथा मीटर सेतु के स्केल के अनुदिश नहीं है तो l तथा l' लंबाइयों की मापों में त्रुटि हो सकती है।

3. यदि उच्च विद्युतधारा अत्यधिक समय तक प्रवाहित हो तो तार AC गर्म हो सकता है तथा प्रयोग के समय उसके प्रतिरोध में काफी अंतर आ सकता है।

4. यह अपेक्षा की जाती है कि जब गैलवनोमीटर से कोई विद्युतधारा प्रवाहित नहीं हो रही है तो उसका संकेतक शून्य पर होगा। तथापि, कभी-कभी ऐसा नहीं पाया जाता। ऐसे प्रकरणों में पेंचकस की सहायता से पैमाने के नीचे लगे पेंच को धीरे से घुमाकर संकेतक को शून्य पर समायोजित कर लेना चाहिए। अन्यथा, जॉकी को तार AC पर सरकाकर उस बिंदु पर शून्य विक्षेप की स्थिति D प्राप्त करना चाहिए, जहाँ गैलवनोमीटर को थपथपाने पर इसमें कोई विक्षेप उत्पन्न नहीं होता है।

5. बहुधा ऐसा पाया जाता है कि प्रतिरोध बॉक्स द्वारा लगाया प्रतिरोध उतना नहीं होता जितना उस पर अंकित होता है। इससे, R में त्रुटि के कारण परिणाम में अतिरिक्त त्रुटि हो जाएगी।

परिचर्चा

1. ध्यान देने योग्य बात है कि यदि कार्बन प्रतिरोधकों का उपयोग किया गया है तो ΔR_1 तथा ΔR_2 के मान उन पर अंकित वर्ण कोड* के बैंड द्वारा दर्शायी गयी सहन सीमा से प्राप्त करते हैं तथा *कक्षा XI की भौतिकी पाठ्यपुस्तक भाग-1 (एनसीईआरटी, 2006) के उदाहरण 2.10 पृष्ठ* में दर्शाए अनुसार त्रुटियाँ ΔR_s तथा ΔR_p का परिकलन भी करते हैं। ΔR_S तथा ΔR_P के इन (E 3.4) तथा (E 3.5) समीकरणों से प्राप्त अधिकतम मानों को अधिकतम आकलित त्रुटि के रूप में लिखना चाहिए।

2. शून्य विक्षेप स्थिति की परिशुद्धता गैलवनोमीटर की सुग्राहिता पर भी निर्भर करती है। इसकी जाँच के लिए, यह ज्ञात कीजिए कि गैलवनोमीटर में मात्र बोध किये जा सकने योग्य विक्षेप उत्पन्न करने के लिए जॉकी को तार पर कितनी दूरी तक सरकाना होता है। जिस परिसर में हर बिंदु पर शून्य विक्षेप स्थिति प्राप्त होती है उस पर ध्यान दीजिए। आदर्श परिस्थितियों में यह परिसर मापक पैमाने की अल्पतमांक माप से अधिक नहीं होना चाहिए।

3. कुछ प्रकरणों में यह भी संभव हो सकता है कि मीटर सेतु के तार की लंबाई तथ्यतः 100 cm नहीं हो। ऐसे प्रकरणों में तार की परिशुद्ध लंबाई की उपयोग परिकलन में किया जाना चाहिए।

4. यदि प्रतिरोध R_1 तथा R_2 निक्रोम, कांसटेंटन जैसे पदार्थों के बने हैं तो तुल्य प्रतिरोध के परिकलन के लिए उनके मानों को अपेक्षित त्रुटियों सहित दिया जाना चाहिए।

स्व-मूल्यांकन

1. प्रतिरोधकों के सैद्धांतिक रूप से अपेक्षित मानों तथा प्रयोग द्वारा प्राप्त मानों मे अंतर के विषय में अपने विचार प्रस्तुत कीजिए।

2. आपको n प्रतिरोधक, जिनमें प्रत्येक का प्रतिरोध R है, दिये गये हैं। इन्हें आप किस प्रकार संयोजित करेंगे कि अधिकतम तथा न्यूनतम प्रतिरोध प्राप्त हों? इस प्रयोग का विस्तार बल्बों के फ़िलामेंट को प्रतिरोधक की तरह उपयोग करते हुए कीजिए ।

* वर्ण कोड के विस्तार के लिए परिशिष्ट 3 देखिए .

3. ऐसी विधियों की पहचान कीजिए जिनके द्वारा ताँबे की पट्टियों से तारों के संयोजनों पर अथवा तारों के अनुपयुक्त सोल्डरन आदि के कारण 'अंत्य प्रतिरोध' कम हो जाए।
4. निम्नलिखित अवस्थाओं में मीटर सेतु की सुग्रहिता किस प्रकार परिवर्तित होगी?

   धारा नियंत्रक के शीर्ष को निम्नतम प्रतिरोध की स्थिति से अधिकतम प्रतिरोध की स्थिति तक सरकाया जाता है।

सुझाए गये अतिरिक्त प्रयोग / कार्यकलाप

1. गैल्वेनोमीटर के स्थान पर टार्च बल्ब लगाकर प्रयोग को दोहराइए। तार AC पर जॉकी की स्थिति में परिवर्तन के साथ टार्च बल्ब की चमक में अंतर होने की व्याख्या कीजिए (चित्र E3.1)।
2. अपने प्रेक्षणों का उपयोग कर $\left(\frac{l'}{l}\right)$ को y-अक्ष पर तथा R को x-अक्ष पर लेकर $\left(\frac{l'}{l}\right)$ का R के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए। ग्राफ की प्रवणता से अज्ञात प्रतिरोध कीजिए।
3. यादृच्छिक लंबाई L का तार लीजिए। मीटर सेतु द्वारा तार के A तथा B सिरों के बीच का प्रतिरोध R_1 मापिए। तार को मोड़कर इसकी लंबाई $\frac{L}{2}$ बना करके तार का इसके दो A′ तथा B′ सिरों के बीच का प्रतिरोध R_2 मापिए। अंत में, इसे फिर मोड़िए और इसके A″ तथा B″ सिरों के बीच का प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए प्रेक्षणों को दोहराइए। तार को कई बार मोड़कर ऊपर दिये गये वर्णन के अनुसार प्रतिरोध मापिए तथा मोड़ों की संख्या n तथा प्रभावी प्रतिरोध के बीच ग्राफ आलेखित कीजिए। प्रयोग के समय यह सावधानी बरतिए कि मुड़े हुए तार सिरों (A, B, A′, B′ तथा A″, B″) के अतिरिक्त बीच में किसी भी बिंदु पर एक दूसरे से संपर्क नहीं करने पाएँ।

चित्र E 3.3